

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-148097

(43)Date of publication of application : 06.06.1997

(51)Int.Cl.

H05H 1/46  
B01J 19/08  
C23C 16/50  
C23F 4/00  
H01L 21/205  
H01L 21/3065  
H01L 21/31  
H01P 1/08

(21)Application number : 07-304061

(22)Date of filing : 22.11.1995

(71)Applicant : HITACHI LTD

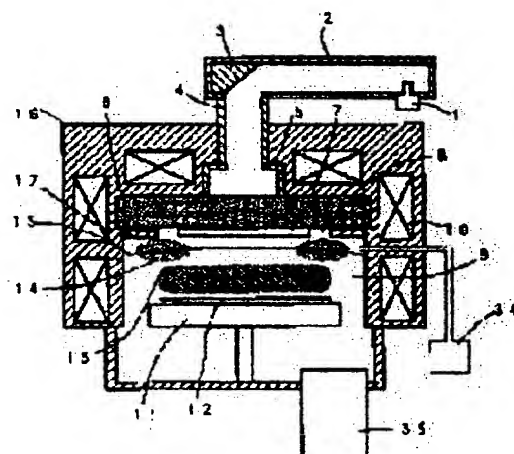
(72)Inventor : TANAKA JUNICHI  
NISHIO RYOJI  
DOI AKIRA  
TETSUKA TSUTOMU  
USUI TAKETO  
KAJI TETSUNORI  
YOSHIOKA TAKESHI  
KANAI SABURO

## (54) PLASMA PRODUCING DEVICE, MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR ELEMENT USING IT, AND SEMICONDUCTOR ELEMENT

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To apply a uniform plasma processing to the surface of a semiconductor wafer having a large diameter.

**SOLUTION:** Electromagnetic waves generated by a wave source 1 are cast into a dielectric hatch 6 through the second wave transmission part 4. Then the waves are diffused by the hatch 6 and led into a vessel 16 from a ring-shaped wave emission part 8 formed between a wave reflecting board 7 and aux. reflecting board 17 installed in the lower part of the hatch 6. The electromagnetic waves react with the processing gas introduced into the vessel 16 from a gas supply system 34 and produce a uniform plasma in the upper part of the vessel 16. With plasma irradiation, a uniform plasma processing is applied to the surface of a specimen 12 as a large-diameter wafer placed in the vessel 16.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 16.01.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 10.09.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-148097

(43) 公開日 平成9年(1997)6月6日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 5 H 1/46			H 0 5 H 1/46	C
B 0 1 J 19/08			B 0 1 J 19/08	E
C 2 3 C 16/50			C 2 3 C 16/50	
C 2 3 F 4/00			C 2 3 F 4/00	D
H 0 1 L 21/205			H 0 1 L 21/205	

審査請求 未請求 請求項の数23 O L (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平7-304061

(22) 出願日 平成7年(1995)11月22日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 田中 潤一

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72) 発明者 西尾 良司

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72) 発明者 土居 昭

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

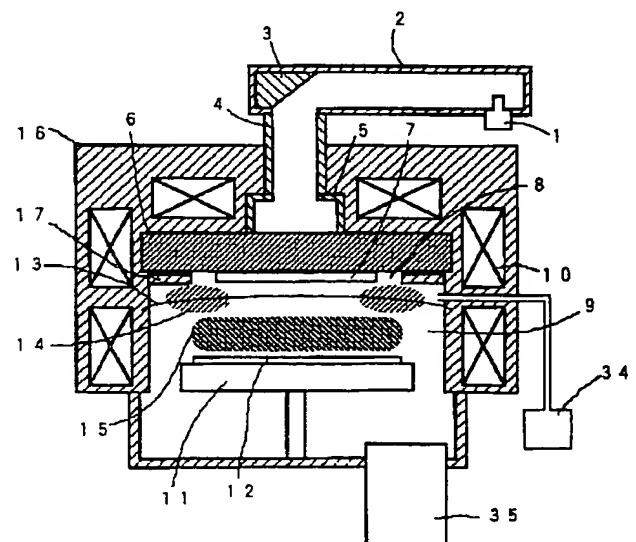
(54) 【発明の名称】 プラズマ生成装置及びそれを用いた半導体素子の製造方法、半導体素子

(57) 【要約】

【課題】 大口径の半導体ウエハ表面に均一なプラズマ処理を行う。

【解決手段】 電磁波発生源1で発生した電磁波を第2の電磁波伝送部4を介して誘電体窓6に入射する。その後、電磁波を誘電体窓6で拡散させ、誘電体窓6の下部に設けた電磁波反射板7と補助反射板17間に形成されたリング状電磁波放射部8から容器16の内部に導く。電磁波は、容器16内部にガス供給系34から導入した処理ガスと作用して均一なプラズマを容器16上部に生成する。このプラズマを容器16内部に配置した大口径ウエハからなる試料12に照射することによりウエハ面上に均一なプラズマ処理を行なう。

図1



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】電磁波発生源と、この電磁波発生源で発生した電磁波により生じたプラズマを保持する放電室を区画する放電室容器と、該電磁波発生源と放電室容器間に設けられた電磁波伝送部とを備えたプラズマ生成装置において、

前記電磁波伝送部と前記放電室間を隔離する誘電体窓を前記電磁波伝送部に設け、この誘電体窓の放電室側に電磁波反射板を設けたことを特徴とするプラズマ生成装置。

【請求項 2】前記電磁波伝送部は、中心導体を有する同軸導波管を含むことを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ生成装置。

【請求項 3】前記誘電体窓は穴を有し、この穴を貫通して配置した前記中心導体と前記電磁波反射板とを接続したことを特徴とする請求項 2 記載のプラズマ生成装置。

【請求項 4】前記電磁波伝送路の前記誘電体窓側端部に、伝送路結合器を設けたことを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ生成装置。

【請求項 5】前記伝送路結合器は、1/4 波長導波管結合器であることを特徴とする請求項 4 に記載のプラズマ生成装置。

【請求項 6】前記電磁波反射板を、前記誘電体窓に設けた凹部に取り付けたことを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ生成装置。

【請求項 7】前記電磁波反射板と前記誘電体窓の放電室側表面を実質的に同一平面としたことを特徴とする請求項 6 に記載のプラズマ生成装置。

【請求項 8】前記電磁波反射板の放電室側表面が誘電体で覆われていることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ生成装置。

【請求項 9】前記電磁波反射板の前記誘電体窓への取付け角部に半径 0.5 mm 以上の丸みが形成されていることを特徴とする請求項 6 に記載のプラズマ生成装置。

【請求項 10】前記電磁波反射板をアースに導通したことを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ生成装置。

【請求項 11】前記電磁波反射板の放電室側に前記電磁波伝送部に連通するガスの吹き出し口を設けたことを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ生成装置。

【請求項 12】前記電磁波反射板は冷却部を備えることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ生成装置。

【請求項 13】前記誘電体窓を誘電率の異なる複数の誘電体により構成することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ生成装置。

【請求項 14】前記同軸導波管は、前記電磁波伝送部から前記放電室に向けてテーパ状に拡大する空間を形成していることを特徴とする請求項 2 に記載のプラズマ生成装置。

【請求項 15】前記中心導体と前記電磁波反射板が接続されていることを特徴とする請求項 1 4 に記載のプラズ

マ生成装置。

【請求項 16】電磁波発生源と、この電磁波発生源で発生した電磁波により生じたプラズマを保持する放電室容器と、該電磁波発生源と放電室間に設けられた電磁波伝送部とを備え、前記電磁波伝送部と前記放電室間を隔離する誘電体窓を前記電磁波伝送部に有し、この誘電体窓の放電室側に電磁波反射板を取り付けたプラズマ生成装置内に配設され、該装置が生成したプラズマを照射したことを特徴とする半導体素子。

10 【請求項 17】電磁波により生成されたプラズマを用いて半導体素子の表面を処理する半導体素子の製造方法において、

電磁波発生源で発生した電磁波を誘電体窓を介して電磁波反射板と容器間に形成された空隙を通して放電室に導き、前記電磁波により放電室内に導入した処理ガスからプラズマを生成し、生成されたこのプラズマを前記放電室で保持し前記放電室内に配設された前記半導体素子に処理することを特徴とする半導体素子の製造方法。

【請求項 18】電磁波発生源と、この電磁波発生源で発生した電磁波により生じたプラズマを保持する放電室容器と、該電磁波発生源と該放電室容器間に設けられた電磁波伝送部とを備えたプラズマ生成装置において、

前記電磁波伝送部の一端部近傍には前記電磁波発生源が、前記電磁波伝送部の他端部には伝送路結合器がそれぞれ設けられ、前記伝送路結合器の前記電磁波伝送部とは反対側には前記伝送路結合器と前記放電室容器間を区画する誘電体窓が配設され、前記放電室容器には該容器内にガスを導入するガス導入手段と、該容器には電子サイクロトロン共鳴を形成する電磁コイルとがそれぞれ設けられ、前記誘電体窓の放電室容器側にはリング状の電磁波路を形成する電磁波反射板を該窓のほぼ中心部に設けたことを特徴とするプラズマ生成装置。

【請求項 19】電磁波発生源と、この電磁波発生源で発生した電磁波により生じたプラズマを保持する放電室を区画する放電室容器と、該電磁波発生源と該放電室間に設けた電磁波伝送部とを備えたプラズマ生成装置において、

前記電磁波伝送部と前記放電室間を隔離し電磁波発生源で発生したマイクロ波を共振させる誘電体窓を前記電磁波伝送部に設け、この誘電体窓の前記放電室側にマイクロ波の前記放電室への入射位置を限定する限定手段を設けたことを特徴とするプラズマ生成装置。

【請求項 20】前記限定手段はリング状のプラズマを生成するものであることを特徴とする請求項 19 に記載のプラズマ生成装置。

【請求項 21】電磁波発生源と、この電磁波発生源で発生した電磁波により生じたプラズマを保持する放電室を区画する放電室容器と、この放電室容器を真空排気するガス排気手段と、前記電磁波発生源と放電室容器間に設けられた電磁波伝送部とを備えたプラズマ生成装置にお

いて、  
前記電磁波発生源から発生した電磁波の通路中であって真空排気される前記放電室容器内に、金属性の板状部材を配設したことを特徴とするプラズマ生成装置。

【請求項22】前記板状部材を放電室内に配設する配設手段はアースに導通していることを特徴とする請求項21に記載のプラズマ生成装置。

【請求項23】前記誘電体窓の前記容器内部側表面の磁場強度を、875ガウスから950ガウスの間にしたことを特徴とする請求項1に記載のプラズマ生成装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電磁波発生源を備えたプラズマ生成装置、およびこのプラズマ生成装置を用いて製作された半導体素子とその製法に関する。

【0002】

【従来の技術】ECRプラズマを用いたドライエッチング装置や化学気相成膜(CVD)装置においては電磁波発生源で発生した電磁波を放電室に照射してプラズマを生成し、放電室内部に導入したガスをプラズマにより活性化してエッチングや成膜を行っていた。ところで、均一なエッチングや成膜を実現するためには、プラズマと活性化したガスの分布のバランスが重要である。一般に、プラズマの分布を制御する方が容易であるので、主としてプラズマの分布を制御して、エッチングや成膜の分布の均一化を図っている。

【0003】半導体素子製造プロセス中で用いられる上記ドライエッチング装置やCVD装置では、ドーナツ状のプラズマ分布を有するリング状プラズマを生成するプラズマ生成装置が必要となっている。その理由はリング状に生成されたプラズマは拡散により、処理室内に置かれたウエハ近傍で均一なプラズマとなり、ウエハに対して均一なプラズマ処理が行なえることにある。

【0004】このような均一なプラズマを生成するための一方策が、「応用物理学学会学術講演会1993年秋期講演論文集30a-HC-8」(以下文献Aと称す)や「応用物理学学会学術講演会1993年秋期講演論文集30a-HC-9」

(以下文献Bと称す)に記載されている。これら公知例においては、ウエハ近傍で均一なプラズマを生成するために、電磁波を放電室上部からリング状に導入しリング状プラズマを生成している。また他の例としては、特開平6-112161号公報に記載のように、電磁波をテーパ導波管により拡大し、放電室上面から放射してリング状プラズマを生成している。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術の文献A、文献Bにおいては、リング状プラズマを生成し均一な処理が可能となったが、永久磁石をリング状電磁波放射口に配置しており、構造が複雑になるとともに個々の半導体素子又はウエハ処理毎に発生するプラズマの分布

が異なるという不具合があった。さらに、これらの装置においては異物が発生しやすく、異物を嫌う製品処理プロセスには不向きであった。なお、これら公知例ではプラズマの生成を壁の近傍で行うため高いプラズマ密度が得られないという不具合もあった。

【0006】特開平6-112161号公報においては、同軸導波管と放電室の間に石英の窓を設けているが、この石英窓は低圧プロセスにおいては放電室内外の圧力差に耐える必要があり、そのため通常10mm以上の厚みとなっている。その結果、電磁波が石英窓内部を伝って中央部に回り込みリング状のプラズマが形成されない恐れがあった。そして、テーパ状に同軸導波管を拡大する必要がある場合に、急激な拡大が困難であるので電磁波放射部が大型化していた。

【0007】本発明の目的は、リング状の電磁波放射手段によりリング状プラズマを生成し、ウエハ面上でエッチングや成膜の処理を均一に行えるプラズマ生成装置を提供することにある。

【0008】本発明の他の目的は、電磁波が石英窓内部を伝って放電室中央部に入射した結果、放電室の中心部に集まったプラズマが生成されるのを防止する手段を提供することにある。

【0009】本発明のさらに他の目的は、導波管を伝ってきた電磁波を石英窓内部で拡大してリング状に放電室に入射させることにより、コンパクトなリング状プラズマ生成装置を提供することにある。

【0010】本発明のさらに他の目的は、石英板内部で電磁波を共振させることにより安定したモードの強い電界を有する電磁波をリング状に放電室内部に導入し、高密度のプラズマを生成する装置を提供することにある。

【0011】本発明の更に他の目的は、均一なプラズマにより半導体素子を製造する方法及びその方法により製造された半導体素子を実現することにある。

【0012】また、本発明の他の目的は安価で均一なプラズマを生成できるプラズマ処理装置を提供することにある。

【0013】本発明の更に他の目的は、大口径のウエハを均一なプラズマで処理できるプラズマ処理装置を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、電磁波発生源と、この電磁波発生源で発生した電磁波により生じたプラズマを保持する放電室を区画する放電室容器と、この電磁波発生源と放電室容器間に設けられた電磁波伝送部とを備えたプラズマ生成装置において、電磁波伝送部と放電室間を隔離する誘電体窓を電磁波伝送部に設け、この誘電体窓の放電室側に電磁波反射板を設けたものである。

【0015】そして、望ましくは、電磁波伝送部を同軸導波管とする、誘電体窓に貫通穴を設け、この穴に中心

10

20

30

40

50

導体を通して電磁波反射板と接続する、同軸導波管と誘電体窓の接続部に例えば1/4波長導波管結合器のような伝送路結合器を設ける、電磁波反射板を誘電体窓に埋め込む、誘電体窓に埋め込まれた電磁波反射板と誘電体窓の放電室側の面を同一平面とする、電磁波反射板の放電室側表面を誘電体で覆う、電磁波反射板の放電室側とは反対側の角に半径0.5mm以上の丸みをつける、電磁波反射板をアースに導通する、電磁波反射板にガスの吹き出し口を設ける、電磁波反射板に冷却手段を設ける、誘電体窓を誘電率の異なる複数の誘電体で構成する、同軸導波管を電磁波伝送部から放電室に向けてテーパ状に拡大した形状にする、中心導体と電磁波反射板を接続する、のいずれかの構成にするか又はそれらの組合せにしたものである。

【0016】さらに望ましくは、誘電体窓の容器内部側表面の磁場強度を、875 Gaussから950 Gaussの間にするものである。

【0017】また、上記目的を達成するために、電磁波発生源と、この電磁波発生源で発生した電磁波により生じたプラズマを保持する放電室容器と、該電磁波発生源と放電室間に設けられた電磁波伝送部とを備え、前記電磁波伝送部と前記放電室間を隔離する誘電体窓を前記電磁波伝送部に有し、この誘電体窓の放電室側に電磁波反射板を取り付けたプラズマ生成装置内に配設され、該装置が生成したプラズマを半導体素子に照射したものである。

【0018】また本発明は、電磁波により生成されたプラズマを用いて半導体素子の表面を処理する半導体素子の製造方法において、電磁波発生源で発生した電磁波を誘電体窓を介して電磁波反射板と容器間に形成された空隙を通して放電室に導き、前記電磁波により放電室内に導入した処理ガスからプラズマを生成し、生成されたこのプラズマを前記放電室で保持し前記放電室内に配設された前記半導体素子に処理したものである。

【0019】上記目的を達成するために本発明は、電磁波発生源と、この電磁波発生源で発生した電磁波により生じたプラズマを保持する放電室容器と、該電磁波発生源と該放電室容器間に設けられた電磁波伝送部とを備えたプラズマ生成装置において、前記電磁波伝送部の一端部近傍には前記電磁波発生源が、前記電磁波伝送部の他端部には伝送路結合器がそれぞれ設けられ、前記伝送路結合器の前記電磁波伝送部とは反対側には前記伝送路結合器と前記放電室容器間を区画する誘電体窓が配設され、前記放電室容器には該容器内にガスを導入するガス導入手段と、該容器には電子サイクロトロン共鳴を形成する電磁コイルとがそれぞれ設けられ、前記誘電体窓の放電室容器側にはリング状の電磁波路を形成する電磁波反射板を該窓のほぼ中心部に設けたものである。

【0020】さらに本発明は、電磁波発生源と、この電磁波発生源で発生した電磁波により生じたプラズマを保

持する放電室を区画する放電室容器と、該電磁波発生源と該放電室間に設けた電磁波伝送部とを備えたプラズマ生成装置において、前記電磁波伝送部と前記放電室間を隔離し電磁波発生源で発生したマイクロ波を共振させる誘電体窓を前記電磁波伝送部に設け、この誘電体窓の前記放電室側にマイクロ波の前記放電室への入射位置を限定する限定手段を設けたものである。

【0021】さらに本発明は、電磁波発生源と、この電磁波発生源で発生した電磁波により生じたプラズマを保持する放電室を区画する放電室容器と、この放電室容器を真空排気するガス排気手段と、前記電磁波発生源と放電室容器間に設けられた電磁波伝送部とを備えたプラズマ生成装置において、前記電磁波発生源から発生した電磁波の通路中であって真空排気される前記放電室容器内に、金属性の板状部材を配設したものである。◆そして望ましくは、前記板状部材を放電室内に配設する配設手段をアースに導通させたものである。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施したいくつかの実施例を図面を用いて説明する。図1は本発明の一実施例のプラズマ処理装置の縦断面図である。プラズマ処理装置100は、プラズマ処理を実施する外部容器16と、この外部容器16に取り付けられ容器16内部を真空排気するガス排気系35と、容器16内部に処理ガスを導入するガス供給系34とを備えている。さらに、容器16内部には被処理材である試料12を載置する試料保持台11が設けられている。ここで、試料12としては5インチないし14インチウエハを用いている。

【0023】容器16の上部には、容器16内でプラズマを発生させるための電磁波発生源1およびこの電磁波発生源1で発生した電磁波を容器16内に導く第1、第2の電磁波伝送部2、4が配設されている。つまり、電磁波発生源1で発生した電磁波は伝送路を形成する第1の電磁波伝送部2を経て伝送路変換器3に入射する。そして、この伝送路変換器3でほぼ直角にその方向を曲げられ、第2の電磁波伝送部4を伝播するモードの電磁波に変換され、伝送路結合器5を経て誘電体窓6に入射する。

【0024】石英からなる誘電体窓6は、容器16の上部にOリング等を用いて気密に取り付けられており、誘電体窓6と容器16とで真空雰囲気を実現できるように構成されている。伝送路変換器3と第2の伝送路4を省いて、第1の伝送路2を直接伝送路結合器5と接続してもよい。伝送路結合器5は、電磁波の進行方向に例えば電磁波の管内波長の1/4の長さを有する1/4波長変換器とする。この伝送路結合器5は誘電体窓の厚さの設計いかんにより不要の場合もある。ここで、電磁波として2.45GHzのマイクロ波を用いる場合には、例えば電磁波発生源にマグネトロンを用い、電磁波伝送路に導波管を用いる。これ以外の電磁波としては、2.45GHz以外の周波

数のマイクロ波、RF帯域の電磁波、VHF帯域の電磁波、UHF帯域の電磁波等を利用でき、各電磁波に適した同軸伝送路などの電磁波伝送路を用いることにより本発明が実施可能となる。

【0025】誘電体窓6の伝送路結合器5とは反対側、すなわち、容器16に面する側には誘電体窓6の内部を伝播した電磁波が容器16内に入射するのを制限するための電磁波反射板7が設けられている。さらに容器16の上部には、補助反射板17も設けられており、容器16の壁面近傍の誘電体窓6から電磁波が容器16に入射するのを防止している。つまり、電磁波は誘電体窓6の内部で径方向に拡大された後、電磁波反射板7と補助反射板17により形成されたリング状電磁波放射口8から外部容器16に入射する。ここで、誘電体窓6を所定値、例えば誘電体窓6を伝播するマイクロ波の1波長の長さ に設定すると、電磁波は誘電体窓の内部で共振する。なお、補助反射板17を誘電体窓6の保持手段として利用することも可能である。

【0026】マイクロ波の伝達を制御するため、誘電体窓6に凹凸や曲面をつけてもよい。また、電磁波反射板7を容器16内部の放電室9に突出した構造としてもよい。リング状電磁波放射口8の大きさは電磁波反射板7の直径と、外部容器16の一部として形成されることもある補助反射板17の内径とから決定される。放電室9にはガス供給系34により、プラズマ処理に必要なガスが導入されている。そして、ガス排気系35によりこれら処理ガスが排気される。

【0027】外部容器16の側壁に設けられた電磁コイル10により、放電室9に電子サイクロトロン共鳴(Electron Cyclotron Resonance; ECR)面13が形成されている。そして、電磁波発生源1で発生した電磁波がこのECR面に入射するところにリング状プラズマ14が形成される。例えば、2.45GHzのマイクロ波を用いると、ECR面13は875ガウスの等磁場面になり、プラズマを生成するのにECRを用いない場合には、磁場は10から100ガウスの弱い磁場になることが多く、コイルは原則的に不要である。リング状プラズマ放射口8近傍に形成されたリング状プラズマ14は、拡散して試料保持台11上に設置された試料12を覆う均一なプラズマ15となる。その結果、試料12に対して均一なプラズマ処理が可能になる。ところでECR面を誘電体窓6の放電室9側表面に形成し、その表面の磁場強度を $\mu$ 波吸収領域、つまり、875ガウスと950ガウスの間に設定する。この場合、電磁波反射板7とECR面間にすき間が形成されず、電磁波反射板7下部へのプラズマの回り込みを防止でき、確実にリング状プラズマを形成できる効果がある。

【0028】上述した原理に基づき本発明をエッチング装置に応用して、半導体ウエハを実際に処理するプロセスの詳細を以下に述べる。試料である半導体ウエハの大

きさは5インチないし12インチであり、試料台はこのウエハの大きさに応じて変えることが多く、通常試料保持台11とはほぼ同じ大きさである。ウエハ12上に半導体デバイスを形成する過程で、エッチングによりウエハ上にアルミニウムを配線する場合を考える。このとき、ガス供給系34からBCl<sub>3</sub>とCl<sub>2</sub>を容器16内部に供給し、ロータリーポンプとターボ分子ポンプを組み合わせた排気系35を用いて容器16内部を真空排気する。そして、容器内部を5mTorrから数100mTorr程度の圧力に保持し、電磁波発生源1であるマグネトロンに1kWないし3kWの電力を印加して $\mu$ 波を発生させる。この $\mu$ 波を第1及び第2の導波管2、4を介して放電室9に入射させる。ここで、 $\mu$ 波は放電室9内部に存在するBCl<sub>3</sub>とCl<sub>2</sub>の混合ガスをプラズマ化し、次いでプラズマ中の電子がBCl<sub>3</sub>とCl<sub>2</sub>の混合ガスを活性化しガスのラジカルを生成する。生成されたラジカルとプラズマ中のイオンをウエハに照射することで、エッチングが実行される。

【0029】図2に本発明の他の実施例の縦断面図を示す。図1と同一の符号は、同一部品を示す。この図2の基本的な動作原理は、図1に示した実施例と同じである。本実施例では、第1の電磁波伝送路2を伝播してきた電磁波が、中心導体20を有する同軸変換器18内で同軸Transverse Electro-Magneticモード(以下同軸TEMモードと称す)に変換され、中心導体20周りに形成された同軸導波管19内の伝達路を伝って誘電体窓6に入射する。同軸TEMモードは同軸導波管19の中心軸周りに対称なモードであるから、誘電体窓6中を半径方向に均一に伝播して、誘電体窓6の下面に設けた電磁波反射板7と補助反射板17との間に形成されたすき間8から周方向均一に容器16内部に入射する。本実施例によれば、リング状プラズマ14が効率良く生成される。

【0030】図3は、本発明のさらに他の実施例の縦断面図である。基本的な動作原理は図2に示した実施例と同じである。本実施例では誘電体窓6aの中心部に貫通穴が形成されており、この貫通穴に同軸導波管の中心導体20aが挿入されている。そして、中心導体20aの容器16内部側は電磁波反射板7に接続されており、他端部は第1の電磁波伝送路2とともに同軸変換器18を形成している。この図3の実施例は図2の実施例と以下の点が相違している。すなわち、図2の実施例では電磁波は誘電体窓の内部で一旦同軸モードを失った後にリング状電磁波放射口に入るが、この実施例では電磁波は同軸導波管19からリング状電磁波放射口8まで同軸モードで伝播する。したがって、電磁波反射板7での電磁波の反射を減らすことが可能になり、効率的にプラズマを生成できる。

【0031】図4は、本発明の他の実施例の縦断面図である。基本的な動作原理は図1の実施例と同じである。

本実施例では電磁波反射板7aを誘電体窓6bに埋め込んでいる。本実施例においては、電磁波反射板7aと誘電体窓6bの放電室9側の表面を同一平面にしているので不要な空隙部を無くし、エッチングガスやプラズマが入り込むことによる塵埃の停留や堆積を防止し、プラズマ処理時のゴミによる汚染を低減できる。

【0032】なお、電磁波反射板7aと誘電体窓6bは必ずしも同一面上にある必要は無い。例えば、プラズマ中の電磁波のモードを同軸モードに保つために、電磁波反射板をプラズマ中に突出して設けても良い。また、電磁波反射板7の上部端、すなわち誘電体窓6bへの嵌合部には、伝送路結合器5から誘電体窓6bに入射した電磁波がなめらかにリング状電磁波放射口8に伝播できるように、半径0.5mm以上の丸みをつけて加工しても良い。

【0033】図5は本発明のさらに他の実施例の縦断面図である。図1の実施例と相違する点は、通常、導体で作られた電磁波反射板7を誘電体カバー21を用いて放電室9内のプラズマから隔離していることにある。これにより、プラズマが電磁波反射板7を削ることに起因する金属の汚染を防止できる。誘電体カバー21の厚みは、誘電体カバー21中を伝播する電磁波の波長の1/4の長さより薄くする。これにより放電室9内に生成されるプラズマの分布に対し、誘電体カバー21が悪影響を及ぼすのを防止できる。誘電体カバーは本実施例のように電磁波反射板7と別部品でも良いし、電磁波反射板7に誘電体の膜をコーティングしたものでも良い。

【0034】図6は本発明の他の実施例の縦断面図である。図1の実施例とは、導体からなる電磁波反射板7をアース22に電氣的に接続している点が相違する。すなわち、試料保持台13を電極とし、この電極を高周波電源23に接続することにより、電磁波反射板7と電極の間に高周波バイアスを加える。これにより、放電室9内部に磁場が存在しても、試料12上に均一に高周波バイアスを加えることができる。

【0035】図7は本発明の他の実施例の縦断面図である。本実施例は、図3に示した実施例を変形したものである。つまり、誘電体窓を誘電率の異なる二つの誘電体窓A24と誘電体窓B25から構成したものである。例えば、誘電体窓Aを石英の窓（誘電率が約4）にし、誘電体窓Bをアルミナの窓（誘電率が約9）とすると伝送路結合器5から誘電体窓A、誘電体窓Bへと順次伝播していく電磁波の波長が次第に短くなって行き、放電室9内のプラズマへ電磁波が入射しやすくなる。なお、誘電体を2種類以上重ねても同様の効果が得られる。

【0036】図8は図3の実施例の変形例で、中心導体20aと電磁波反射板7を接続し、その接続体に冷却機能を付加したものである。つまり、この図8は電磁波反射板7内部に冷却管28を取付け、この冷却管28を同軸導波管中心導体内部に通して冷却流路を形成したもの

である。この冷却管28の一方を給水管26に、他方を排水管27に接続することにより、冷却管28内部に例えば水などの冷媒を循環させることが可能になり、プラズマによって加熱された電磁波反射板7を冷却することができる。この結果、電磁波反射板7の温度を制御でき、より均一なプラズマを生成できる。なお、本実施例では電磁波反射板7内部に冷却管を取り付けたが、予め流路を電磁波反射板7内部に形成しても同様な効果が得られることは言うまでもない。

【0037】図9は図3の実施例の他の変形例で、図8の実施例同様に中心導体20aと電磁波反射板7を接続した接続体の縦断面図である。この変形例では、中心導体20aと電磁波反射板7に処理ガス噴射機能を付加している。つまり、電磁波反射板7内部にバッファ室30を設け、このバッファ室30に連通するガス供給管29を中心導体20a内部に取付けている。そして、ガス供給管29からプラズマ処理ガスを接続体に導き、電磁波反射板7の放電室9側に設けた複数の微小な穴からなるガス噴射口31から処理ガスを放電室9内部に噴射させる。これにより放電室9内部の処理ガスの流れを制御することができ、プラズマ処理の均一性を改善できる。

【0038】図10は本発明のさらに他の実施例の縦断面図である。本実施例は、図2の実施例の変形例である。つまり、本実施例では電磁波をリング状の電磁波放射口8の径まで拡大するために、電磁波を初めにテーパ拡大同軸導波管32で拡大し、次いで誘電体窓6内部で拡大するようにしている。そのため、図2の実施例ではほぼ円柱状であった同軸導波管を、本実施例では誘電体窓に近づくに従ってその径が大きくなる切頭円錐状に形成している。このように段階的に電磁波を拡大していくことにより電磁波の反射を少なくすることが可能になり、プラズマを効率的に生成できる。また、単にテーパ状に同軸導波管を形成した電磁波の拡大装置に比較して、装置の小型化が可能になる。

【0039】図11は本発明のさらに他の実施例であり、中心導体33aの他の変形例を示したものである。つまり、図10では誘電体窓に接続していたテーパ状に拡大した中心導体を、本実施例では誘電体窓6aに形成した貫通穴中に挿入して電磁波反射板7に接続している。これにより、図3の実施例と同じ効果を得ることができる。

【0040】図12は本発明のさらに他の実施例の縦断面図である。容器8は直方体または円柱状の密閉容器であり、容器の上部には誘電体窓6が容器8と気密に、または容器8内部に固定されて設けられている。誘電体窓6の放電室9側表面には電磁波反射板37が取り付けられており、容器8壁面と電磁波反射板7間にはリング状の電磁波放射部38が形成されている。誘電体窓6に関しこのリング状電磁波放射部38の反対側で、リング状電磁波放射部38に対応した容器8外部側には電磁波発



生手段が設けられている。容器8の内部であってその下部には、試料12を載置する試料保持台13が配設されている。容器16はガス排気系35により真空排気され、ガス供給系により処理ガスが供給される。このように構成した本実施例においては、電磁波発生手段36で発生した電磁波は誘電体窓6に入射した後、導体や強磁性体などからなる電磁波反射板37で反射し最終的にリング状電磁波放射部38から放電室9に放射される。そして、リング状プラズマ14をリング状電磁波放射部38の下部に生成する。生成されたリング状プラズマは拡散して試料保持台13上に配置された試料に均一なプラズマとして入射して均一なプラズマ処理が可能となる。本実施例によれば、通常用いられるRFプラズマ装置においても、簡単な構成の変化により均一なプラズマを形成できる。

#### 【0041】

【発明の効果】本発明によれば、放電室内部の試料台上方にリング状に電磁波を放射することが可能になり、コンパクトな装置でリング状プラズマを生成できる。また、電磁波を誘電体窓内部で拡大、共振させ、電磁波の放電室への入射部をリング状に制限しているため、コンパクトな装置でリング状プラズマを生成できる。さらに、発生したリング状プラズマが放電室内で拡散し、試料表面に均一なプラズマとして入射するので、試料に均一なプラズマ処理を行える。その結果、高い面内の均一性を有するエッチングや成膜処理が可能になる。なお、本発明によれば、同軸導波管内部に設けた冷却流路やガス噴出口により、誘電体窓の冷却が可能になり、より均一なプラズマの生成を可能にする。さらに、処理ガスの分布の均一化を図ることも可能になる。

【0042】さらにまた、同軸同波管をテーパ状に形成することにより、電磁波の反射を減らして良好なリング状のプラズマを生成することが可能になる。さらに、誘電体窓のほぼ中央部に貫通穴を設け、この穴に同軸同波管を挿入し、誘電体窓の放電室側に設けた電磁波反射板と接続することにより、コンパクトな装置でリング状プラズマを生成できる。

【0043】また、本発明によれば均一なプラズマにより、高信頼性の半導体素子を得ることができる。さらに、半導体素子を高精度に製作できる。

#### \* 【0044】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の縦断面図である。

【図2】本発明の他の実施例の縦断面図である。

【図3】本発明の更に他の実施例の縦断面図である。

【図4】本発明の他の実施例の縦断面図である。

【図5】本発明の更に他の実施例の縦断面図である。

【図6】本発明の他の実施例の縦断面図である。

【図7】本発明の更に他の実施例の縦断面図である。

【図8】本発明に用いられる中心導体の一実施例の縦断面図である。

【図9】本発明に用いられる中心導体の他の実施例の縦断面図である。

【図10】本発明の他の実施例の縦断面図である。

【図11】本発明の更に他の実施例の縦断面図である。

【図12】本発明の他の実施例の縦断面図である。

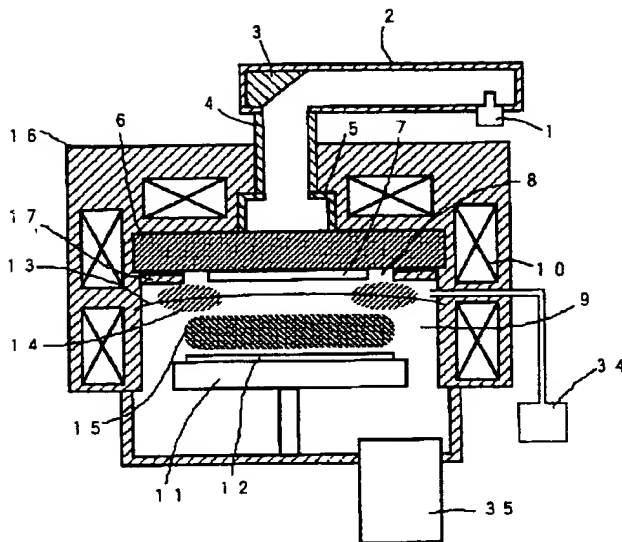
【符号の説明】

- |                            |                              |
|----------------------------|------------------------------|
| 1 ……電磁波発生源、                | 2 ……電磁波伝送路、                  |
| 3 ……伝送路変換器、                | 4 ……電磁波伝送路、                  |
| 5 ……伝送路結合器、                | 6 ……誘電体窓、6                   |
| a、6 b ……誘電体窓、              | 7 ……電磁波反射板、7                 |
| a ……電磁波反射板、                | 8 ……リング状電磁波放射口、9 ……放電室、      |
| 10 ……電磁コイル、11 ……電極、        | 12 ……試料、13 ……ECR面、           |
| 14 ……リング状プラズマ、15 ……均一プラズマ、 | 16 ……容器、17 ……補助反射板、          |
| 18 ……同軸変換器、19 ……同軸導波管、     | 20 ……中心導体、20 a ……中心導体、       |
| 21 ……誘電体カバー、               | 22 ……アース、23 ……高周波電源、         |
| 24 ……誘電体窓A、25 ……誘電体窓B、     | 26 ……給水管、27 ……排水管、           |
| 28 ……冷却管、29 ……ガス供給管、       | 30 ……バッファ室、31 ……ガス噴射口、       |
| 32 ……導波管、33 ……中心導体、        | 33 a ……中心導体、34 ……ガス供給系、      |
| 35 ……ガス排気系、36 ……電磁波発生手段、   | 37 ……電磁波反射板、38 ……リング状電磁波放射口。 |



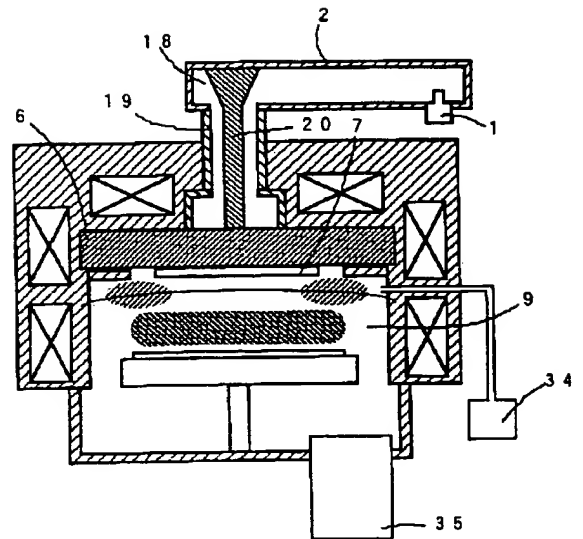
【図1】

図1



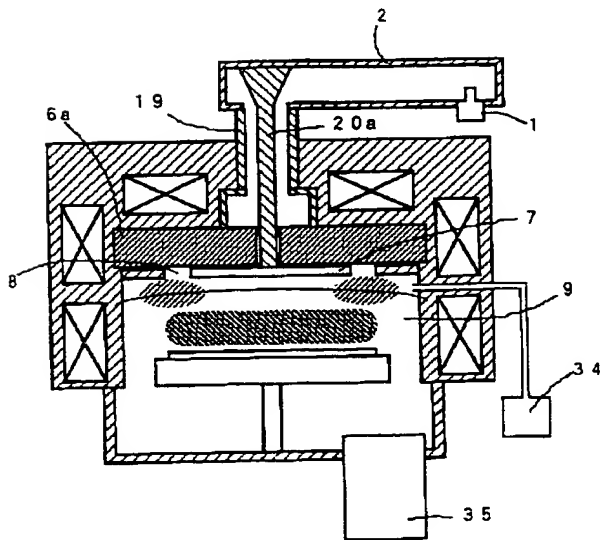
【図2】

図2



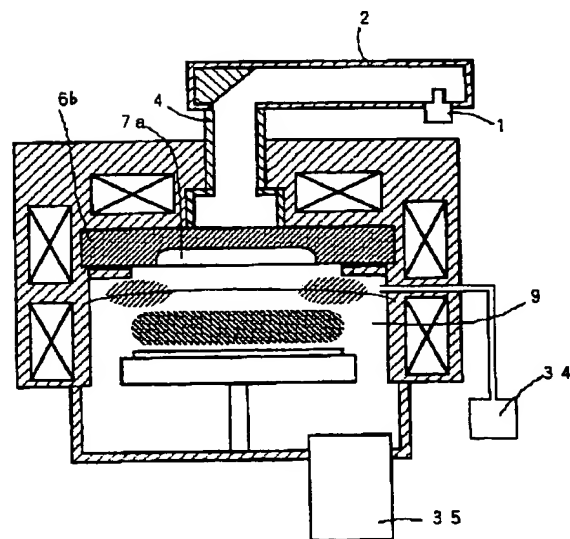
【図3】

図3



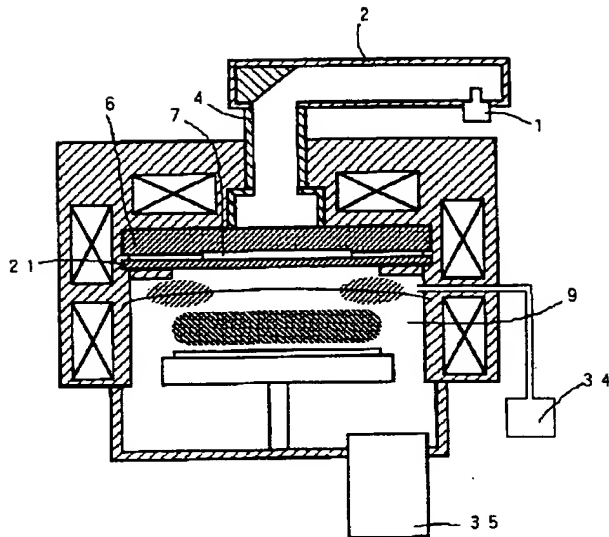
【図4】

図4



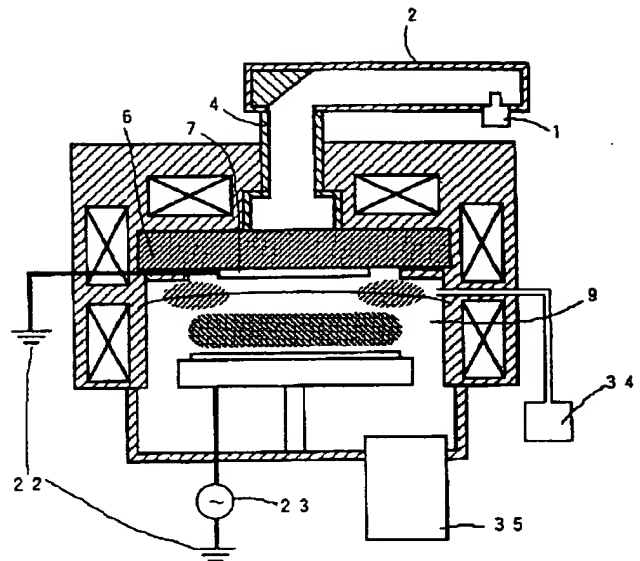
【図 5】

図 5



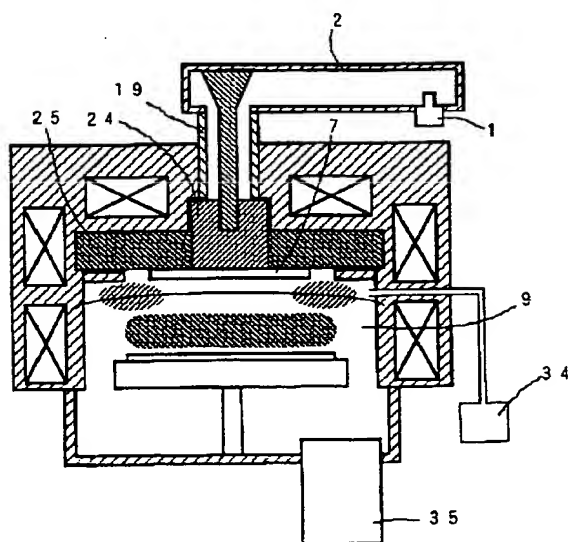
【図 6】

図 6



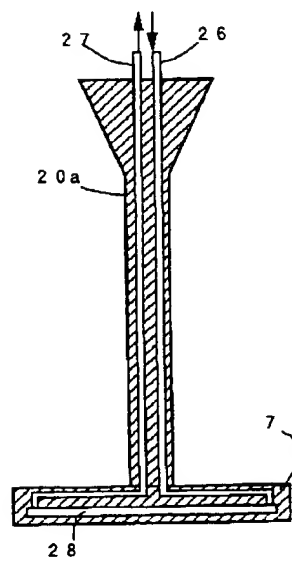
【図 7】

図 7

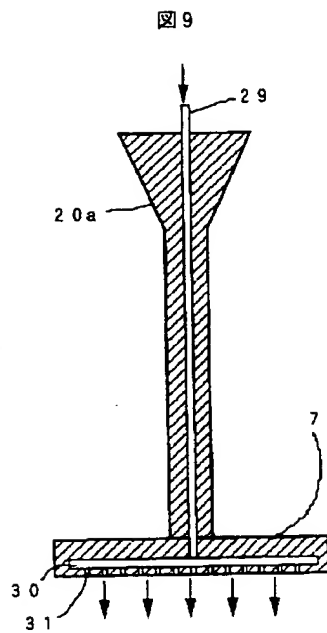


【図 8】

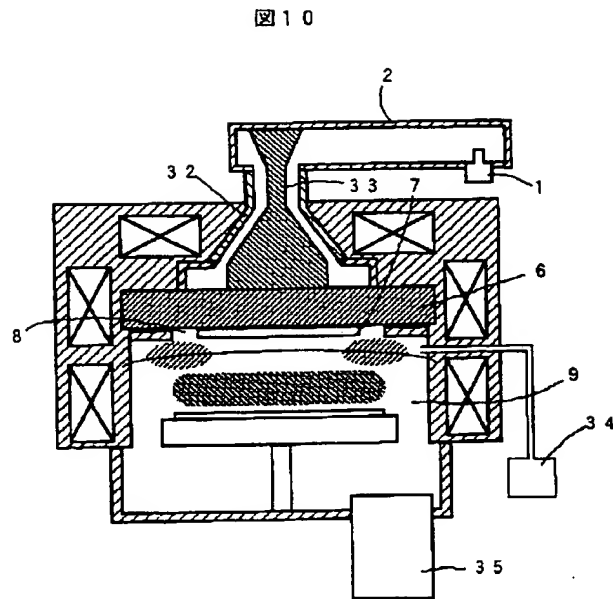
図 8



【図 9】



【図 10】



【図 12】

【図 11】

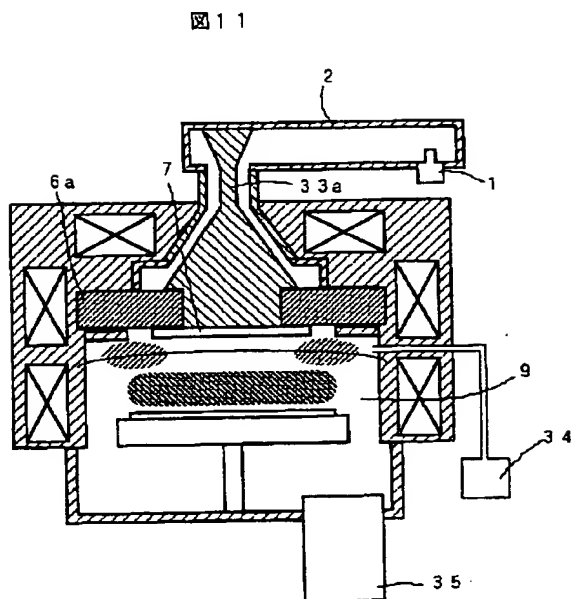
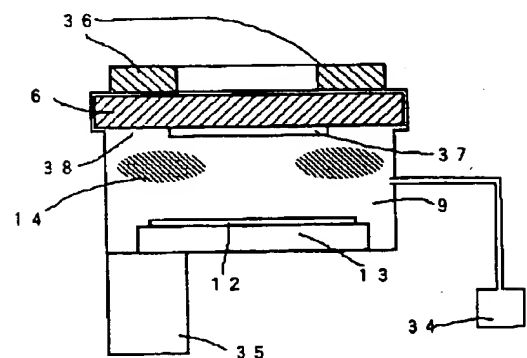


図 12



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 L 21/3065  
21/31

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 L 21/31

H 0 1 P 1/08

技術表示箇所

C

BEST AVAILABLE COPY

H O 1 P 1/08

- (72) 発明者 手束 勉  
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日  
立製作所機械研究所内
- (72) 発明者 臼井 建人  
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日  
立製作所機械研究所内

H O 1 L 21/302

B

- (72) 発明者 加治 哲徳  
山口県下松市大字東豊井794番地 株式会  
社日立製作所笠戸工場内
- (72) 発明者 吉岡 健  
山口県下松市大字東豊井794番地 株式会  
社日立製作所笠戸工場内
- (72) 発明者 金井 三郎  
山口県下松市大字東豊井794番地 株式会  
社日立製作所笠戸工場内